

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 12 月 24 日 (24.12.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/252984 A1

(51) 国际专利分类号:
G01N 3/00 (2006.01)

(21) 国际申请号: PCT/CN2019/110031

(22) 国际申请日: 2019 年 10 月 9 日 (09.10.2019)

(25) 申请语言: 中文

(26) 公布语言: 中文

(30) 优先权:
201910539151.7 2019 年 6 月 20 日 (20.06.2019) CN

(71) 申请人: 浙江大学(ZHEJIANG UNIVERSITY) [CN/CN]; 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(72) 发明人: 韦华(WEI, Hua); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。王江伟(WANG, Jiangwei); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。林伟岸(LIN, Weian); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。张泽(ZHANG, Ze); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。陈云敏(CHEN, Yunmin); 中国浙江省杭州市西湖区余杭塘路 866 号, Zhejiang 310058 (CN)。

(74) 代理人: 杭州求是专利事务所有限公司(HANGZHOU QIUSHI PATENT OFFICE CO., LTD.); 中国浙江省杭州市西湖区玉古路 147 号黄鸿年科技综合大楼 215 室/林超, Zhejiang 310013 (CN)。

(81) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(84) 指定国(除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

(54) Title: MATERIAL PERFORMANCE TESTING SYSTEM UNDER SUSPENSION MULTI-FIELD COUPLING ACTION IN SUPERGRAVITY ENVIRONMENT

(54) 发明名称: 超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统

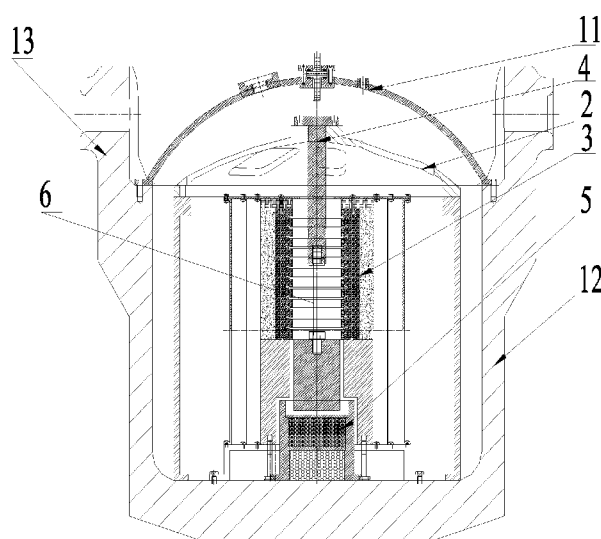


图 1

(57) Abstract: A material performance testing system under suspension multi-field coupling action in a supergravity environment, comprising a hoisting sealed cabin (1), a bearing frame (2), a high temperature furnace (3), a mechanical testing device (4), and a buffer device (5). The bearing frame (2) and the high temperature furnace (3) are fixedly installed at the interior of the hoisting sealed cabin (1). The bearing frame (2) covers the exterior of the high temperature furnace (3), and the buffer device (5) is installed at the bottom part within the high temperature furnace (3). Upper and lower ends of the mechanical testing device (4) are connected to the top part of the bearing frame (2) and within the bottom part of the high temperature furnace (3). A sample (6) is connected to an end of the mechanical testing device (4). The described system solves the difficult problem of material dynamic performance testing under the coupling action of body force-surface force-temperature in a high-speed rotation state. Moreover, the system has a simple structure, and is convenient to operate, is safe and is reliable.

本国际公布：

— 包括国际检索报告(条约第21条(3))。

(57) 摘要：一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统，包括吊装密封舱(1)、承力架(2)、高温炉(3)、力学测试装置(4)、缓冲装置(5)；吊装密封舱(1)内部固定安装有承力架(2)和高温炉(3)，承力架(2)罩在高温炉(3)外，缓冲装置(5)安装于高温炉(3)内的底部，力学测试装置(4)上下两端连接在承力架(2)顶部和高温炉(3)底部内，试样(6)连接安装在力学测试装置(4)末端。该系统解决了高速旋转状态下体积力-面力-温度耦合作用下材料动态性能测试的难题，结构简单，操作方便且安全可靠。

超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统

技术领域

本发明涉及材料性能测试技术领域，尤其涉及一种超重力环境下悬挂式体积力-面力-温度耦合作用下材料性能测试系统及方法。

背景技术

随着现代航空发动机推重比增加和涡轮级数减少，涡轮前燃气进口温度从上世纪 70 年代的 1400-1500K 发展到本世纪初的 1600-1750K，推重比 12-15 发动机涡轮前燃气进口温度将高达 2000-2200K，这对发动机核心热端部件提出了更高的性能要求。高压涡轮工作叶片作为热端部件关键组成部分之一，服役时长期工作在高温、高压、高转速、交变负载等耦合加载条件下。

服役时涡轮工作叶片绕发动机轴线高速旋转，其作用是利用燃气膨胀做功，将燃气的位能和热能转换为转子的机械功，所以服役过程中涡轮工作叶片主要承受离心载荷、热载荷、气动载荷和振动载荷的耦合作用。离心载荷产生的离心应力，属于体积力，使积叠线与径向线不完全重合的弯扭结构叶片，同时产生径向拉应力、扭转应力和弯曲应力。热载荷产生的热应力与几何约束密切相关，几何约束越多，热应力越大，尤其气膜孔处的应力集中，将显著减低叶片的疲劳寿命。气动载荷产生的气动力，是一种表面分布压力，属于面积力，作用在叶片各个表面，沿叶高和叶宽方向呈不均匀分布。因此，涡轮工作叶片在径向拉应力、扭转应力、弯曲应力和热应力的耦合作用下同时发生剪切变形、拉伸变形和扭曲变形，这显然不同于实验室单轴应力状态下的变形行为。

原子固相扩散是导致材料服役过程中微观组织演化的根本原因，叶片高速旋转产生的体积力-面力-温度动态耦合显著增加原子在界面、位错、空洞等缺陷处的扩散速率，使其显微结构演化不同于轴向面力作用。同时，密度不同的析出相在超重力作用下，由于其弹性模量、热膨胀性等不同在各析出相之间产生复杂的互不协调的塑性变形，进一步增大不同密度物质间相对运动的驱动力，进而在材料内部产生巨大的内应力，致使材料的损伤机制显著不同于面力作用下材料损伤机制。

发明内容

为了针对解决上述高速旋转状态下体积力-面力-温度耦合作用下材料动态

性能测试的难题，本发明首创提供了一种装配简单、使用方便、安全系数高，且可用于超重力工况的材料性能测试系统，该装置适合 1g-2500g 超重力环境下，温度从室温-1600℃，提供的最大面力为 300kN。

本发明采用的技术方案：

本发明包括吊装密封舱、承力架、高温炉、力学测试装置、缓冲装置；吊装密封舱内部固定安装有承力架和高温炉，承力架罩在高温炉外，缓冲装置安装于高温炉内的底部，力学测试装置上下两端连接在承力架顶部和高温炉底部内，试样连接安装在力学测试装置末端。

所述的吊装密封舱包括上密封穹顶和吊装密封腔体，吊装密封腔体内部设有腔体，腔体上端开口，吊装密封腔体的两侧侧壁向外连接有舱体吊耳 13，两侧的舱体吊耳铰接连接到超重力离心机的吊篮转臂上，上密封穹顶通过螺栓安装连接到吊装密封腔体的腔体开口端面并密封连接；所述的上密封穹顶上设有主机接口，主机接口用于连接真空系统的抽气接口、监测炉内压力的压力表接口、控制炉内压力的安全阀接口、加热系统的加热电极接口法兰、测温系统、变形测量的真空连接电缆插口。

所述的承力架包括拉杆固定穹顶、固定环和立柱，两个固定环分别上下平行相对布置，两个固定环之间通过多根立柱固定连接形成柱形壳体，上部的固定环上固定安装有拉杆固定穹顶，拉杆固定穹顶为圆弧凸台结构，下部的固定环通过螺栓固定于吊装密封腔体腔体的内底面，拉杆固定穹顶和立柱由两个固定环固定，防止受力变形，拉杆固定穹顶采用圆弧设计；力学测试装置顶端安装于拉杆固定穹顶上，下端穿过高温炉后连接到试样上。

所述的高温炉固定于超重力试验舱中，所述的高温炉包括从上到下依次布置连接的上炉体、中炉体、下炉体以及隔热保温层、高强度炉管、发热体和炉体承载体；上炉体主要由上隔热盖、上腔体外壳、上腔体中壳、上腔体隔热层、上腔体下固定盖组成，上腔体外壳、上腔体中壳、上腔体隔热层分别从外到内安装形成上炉三层结构，上隔热盖和上腔体下固定盖分别安装于上炉三层结构的上端和下端使得上炉三层结构固定连接，上腔体外壳和上腔体中壳之间以及上腔体中壳和上腔体隔热层之间均有间隙作为空气隔热层；中炉体主要由中隔热盖、中腔体外壳、中腔体中壳、中腔体隔热层、中腔体下固定盖组成，中腔体外壳、中腔体中壳、中腔体隔热层分别从外到内安装形成中炉三层结构，中隔热盖和中腔体下固定盖分别安装于中炉三层结构的上端和下端使得中炉三层结构固定连接，中腔体外壳和中腔体中壳之间以及中腔体中壳和中腔体隔热层之间均有间隙作为空气隔热层；上炉体的上腔体下固定盖和中炉体的中隔热盖

之间固定连接；下炉体主要由下隔热盖、下腔体外壳、下腔体中壳、下腔体隔热层、下腔体下固定盖组成，下腔体外壳、下腔体中壳、下腔体隔热层分别从外到内安装形成下炉三层结构，下隔热盖和下腔体下固定盖分别安装于下炉三层结构的上端和下端使得下炉三层结构固定连接，下腔体外壳和下腔体中壳之间以及下腔体中壳和下腔体隔热层之间均有间隙作为空气隔热层；中炉体的中腔体下固定盖和下炉体的下隔热盖之间固定连接；炉体承载体置于下炉体的下腔体隔热层底部，高强度炉管置于炉体承载体上，高强度炉管外分别和上炉体的上腔体隔热层、中炉体的中腔体隔热层、下炉体的下腔体隔热层之间填充有隔热保温层；高强度炉管内部加工有螺旋状凹槽，螺旋状凹槽装有螺旋状的发热体，螺旋状凹槽在朝向高强度炉管内壁的一侧开设有散热通道，通过散热通道将发热体产生的热量均匀辐射到高强度炉管中央；

所述的力学测试装置包括高温拉杆、夹头、试样、锁紧螺母和面力加载块；高温拉杆上端通过螺孔和螺栓固定在承力架顶部，高温拉杆下端和夹头上端固定，夹头下端装夹住试样的上端，试样下端经锁紧螺母和面力加载块固定连接；高温拉杆的下部和试样置于高温炉的高强度炉管内，面力加载块穿过高温炉的高强度炉管伸入到缓冲装置中。

工作过程中发热体产生热量，通过辐射加热高强度炉管，在炉管中央形成高温区，通过改变不同高度位置的螺旋状凹槽螺距进而改变不同高度位置的发热体在炉管间距，调整不同高度位置的加热温度，从而可以实现形成均匀的温度区或非均匀的温度梯度区。

高温炉安装使用时，先将下腔体下固定盖通过螺栓固定于吊装密封舱底部，炉体承载体安装于下腔体下固定盖上，下腔体外壳、下腔体中壳、下腔体隔热层通过螺栓与下腔体下固定盖连接，下隔热盖通过螺栓与中腔体下固定盖连接，中腔体中壳、中腔体隔热层、中腔体下固定盖通过螺栓与中腔体下固定盖连接，再通过螺栓与上腔体下固定盖、中隔热盖连接。

将莫来石的隔热保温层直接放置在陶瓷的高强度炉管和下腔体隔热层、中腔体隔热层、上腔体隔热层之间，既可以起到缓冲作用又可以隔绝热量。

超重力环境下悬挂式体积力-面力-温度耦合作用下的试样材料性能测试过程是在抗高温条件、特殊气氛环境、超重力等要求下完成的，考虑到此装置的运行环境，本发明设计的测试装置解决了超重力带来的技术影响，符合高强度轻质量的理念，结构模块化设计，实验准备周期短，测试过程安全可靠。

体积力-面力-温度耦合作用如图 10 所示，实验过程中，超重力离心机旋转下，试样 6 通过自重产生离心力 F_1 和 $F_{\text{剪切应力}}$ ，面力加载块 4-5 在离心力作用下

对试样 6 施加一个恒定的径向拉应力 F_2 ，即面积力。改变超重力离心机的旋转转速，改变体积力 F_1 和 $F_{\text{弯曲应力}}$ ；改变面力加载块 4-5 重量，改变面积力 F_2 。

将力学测试装置 4 放置在高温炉 3 里，对试样施加温度载荷，这样就形成一个体积力-面力-温度耦合作用材料性能测试环境，工作原理如图 10 所示。

本发明的技术特点和效果优势：

本发明具有模拟航空发动机、航天发动机、燃气轮机等高速旋转装置服役环境的能力，即模拟高速旋转过程中试样除了承受发动机起动、停车循环高温燃气冲刷和温度交变外，还要承受高速旋转产生的离心应力和轴向动态载荷。

其中，高速旋转下试样自重产生的离心应力 $\sigma(r) = \int_r^{r_{tip}} \rho \omega^2 dr$ （ ρ 为密度， ω 为转速， r 为旋转半径， r_{tip} 为叶片尖端曲率半径）在试样顶端截面处为零，沿试样向转抽方向逐渐增大，在试样根部截面处的离心拉伸应力最大，由此在试样内部产生极高的离心应力梯度。如果试样形状复杂，试样各截面重心连线与旋转轴不完全重合，旋转时试样除承受离心力外，同时也承受巨大的离心力弯矩。所以，本发明能够模拟高速旋转部件服役过程中的真实受力状态，即试样自重产生的离心应力、热应力、振动应力、扭矩产生的剪切应力等多种应力动态耦合环境下的应力状态，从而具备测试复杂应力状态下材料性能的能力。本发明的特点为：

(1) 该装置能在 1g-2500g 超重力环境下工作。

(2) 高温炉实验温度从室温-1600℃。

(3) 装置提供的最大面力为 300kN。

(4) 在材料力学性能测试过程中，离心主机旋转试样通过自重产生离心力。面力加载块在离心力作用下对试样施加一个恒定的径向拉应力，即面积力。改变离心主机转速，改变体积力；改变面力加载块重量，可以改变施加在试样上的面积力。

(5) 根据高温炉的炉丝类型，可以实现室温-1600℃的高温测试环境。

附图说明

图 1 是本发明材料性能测试系统的整体结构图；

图 2 是本发明作为悬挂式实验舱的吊装密封舱 1 的整体剖视图；

图 3 是上密封穹顶 11 的结构示意图；

图 4 是拉杆固定穹顶 2-1 的结构示意图；

图 5 是固定环 3-2 和立柱 3-3 构成的支架的结构示意图；

图 6 是高温加热装置的主视图；

图 7 为高强度炉管 317 的结构剖视图及其局部放大图；

图 8 为发热体的结构示意图；

图 9 是力学测试装置 4 的主视图；

图 10 是本发明超重力材料性能测试系统下的施力原理图。

图中：吊装密封舱 1、承力架 2、高温炉 3、力学测试装置 4、缓冲装置 5、试样 6、上密封穹顶 11、吊装密封腔体 12、舱体吊耳 13、主机接口 11-1；上隔热盖 31、上腔体外壳 32、上腔体中壳 33、上腔体隔热层 34、上腔体下固定盖 35、中隔热盖 36、中腔体外壳 37、中腔体中壳 38、中腔体隔热层 39、中腔体下固定盖 310、下隔热盖 311、下腔体外壳 312、下腔体中壳 313、下腔体隔热层 314、下腔体下固定盖 315、隔热保温层 316、高强度炉管 317、发热体 318、炉体承载体 319；拉杆 41、固线结构 42、夹头 43、热电偶 44、紧缩螺母 46、面力加载块 47；42-1.固定螺孔；43-1.第一固定环；43-2 第二固定环；43-3 固定瓷座；43-4 瓷座保护件。

具体实施方式

下面结合附图和实施例对本发明作进一步说明。

如图 1 所示，具体实施的系统包括吊装密封舱 1、承力架 2、高温炉 3、力学测试装置 4、缓冲装置 5；吊装密封舱 1 内部固定安装有承力架 2 和高温炉 3，承力架 2 罩在高温炉 3 外，缓冲装置 5 安装于高温炉 3 内的底部，力学测试装置 4 上下两端连接在承力架 2 顶部和高温炉 3 底部内，试样 6 连接安装在力学测试装置 4 末端。

具体实施的系统具体为：

如图 2 所示，吊装密封舱 1 包括上密封穹顶 11 和吊装密封腔体 12，吊装密封腔体 12 内部设有腔体，腔体上端开口，吊装密封腔体 12 的两侧侧壁向外连接有舱体吊耳 13，两侧的舱体吊耳铰接连接到超重力离心机的吊篮转臂上，上密封穹顶 11 通过螺栓安装连接到吊装密封腔体 12 的腔体开口端面并密封连接，吊装密封腔体 12 与上密封穹顶 11 密封采用双层氟橡胶提高密封性；

吊装密封舱 1 为体积力-面力-温度耦合作用环境提供一个密封载体。吊装密封舱 1 通过舱体吊耳与超重力离心机相联，实验过程中，保证内部结构的稳定

运行。根据高 G 值下压力容器标准设计，为满足超重力下的强度要求，吊装密封腔体 12 材料选用轻质高强材料，轻质高强材料具体为 TC4 钛合金，腔体表面采用电抛光处理。

如图 3 所示，上密封穹顶 11 上设有主机接口 11-1，主机接口 11-1 用于连接真空系统的抽气接口、监测炉内压力的压力表接口、控制炉内压力的安全阀接口、加热系统的加热电极接口法兰、测温系统、变形测量的真空连接电缆插口。

承力架 2 主要功能是起到支撑拉伸力和固定内部电缆线的作用，安装在吊装密封舱 1 的内部，罩在高温炉 3 的上方。

如图 4 和图 5 所示，承力架 2 包括拉杆固定穹顶 2-1、固定环 2-2 和立柱 2-3，两个固定环 2-2 分别上下平行相对布置，两个固定环 2-2 之间通过多根立柱 2-3 固定连接形成柱形壳体，防止受力变形，上部的固定环 2-2 上固定安装有拉杆固定穹顶 2-1，拉杆固定穹顶 2-1 为圆弧凸台结构，下部的固定环 2-2 通过螺栓固定于吊装密封腔体 12 腔体的内底面，拉杆固定穹顶 2-1 和立柱 2-3 由两个固定环 2-2 固定，防止受力变形，拉杆固定穹顶 2-1 采用圆弧设计，增加强度；力学测试装置 4 顶端安装于拉杆固定穹顶 2-1 上，下端穿过高温炉 3 后连接到试样 6 上。

高温炉 3 主要功能是提供试样测试所需的热环境，安装在吊装密封舱 1 的内部，罩在承力架 2 的下方。

如图 6 所示，高温炉 3 固定于超重力试验舱中，高温炉 3 包括从上到下依次布置连接的上炉体、中炉体、下炉体以及隔热保温层 316、高强度炉管 317、发热体 318 和炉体承载体 319；上隔热盖 31、上腔体外壳 32、上腔体中壳 33、上腔体隔热层 34、上腔体下固定盖 35、中隔热盖 36、中腔体外壳 37、中腔体中壳 38、中腔体隔热层 39、中腔体下固定盖 310、下隔热盖 311、下腔体外壳 312、下腔体中壳 313、下腔体隔热层 314、下腔体下固定盖 315 组成一个三个炉体构成的圆筒状高温炉 3 的外壳，主要用来在超重力环境下固定高温炉 3，且在超重力环境下起到保护炉体的作用，总体形成了一个高温炉。

上炉体主要由上隔热盖 31、上腔体外壳 32、上腔体中壳 33、上腔体隔热层 34、上腔体下固定盖 35 组成，上腔体外壳 32、上腔体中壳 33、上腔体隔热层 34 分别从外到内安装形成上炉三层结构，上隔热盖 31 和上腔体下固定盖 35 分别安装于上炉三层结构的上端和下端使得上炉三层结构固定连接，上隔热盖 31 用来固定上炉体的上炉三层结构且起到隔热保温作用；上腔体外壳 32 和上腔体中壳 33 之间以及上腔体中壳 33 和上腔体隔热层 34 之间均有间隙作为空气隔热层，空气隔热层起到隔热保温的作用防止炉内热量散失；

中炉体主要由中隔热盖 36、中腔体外壳 37、中腔体中壳 38、中腔体隔热层 39、中腔体下固定盖 310 组成，中腔体外壳 37、中腔体中壳 38、中腔体隔热层 39 分别从外到内安装形成中炉三层结构，中隔热盖 36 和中腔体下固定盖 310 分别安装于中炉三层结构的上端和下端使得中炉三层结构固定连接，中隔热盖 36 用来固定中炉体的中炉三层结构且起到隔热保温作用；中隔热盖 36 具有隔热保温作用，防止热量在超重力作用下向下传导；中腔体外壳 37 和中腔体中壳 38 之间以及中腔体中壳 38 和中腔体隔热层 39 之间均有间隙作为空气隔热层，空气隔热层起到隔热保温的作用防止炉内热量散失；上炉体的上腔体下固定盖 35 和中炉体的中隔热盖 36 之间通过螺栓固定连接，上腔体下固定盖 35 和中隔热盖 36 连接用来连接上炉体和中炉体；

下炉体主要由下隔热盖 311、下腔体外壳 312、下腔体中壳 313、下腔体隔热层 314、下腔体下固定盖 315 组成，下腔体外壳 312、下腔体中壳 313、下腔体隔热层 314 分别从外到内安装形成下炉三层结构，下隔热盖 311 和下腔体下固定盖 315 分别安装于下炉三层结构的上端和下端使得下炉三层结构固定连接，下隔热盖 311 用来固定下炉体的下炉三层结构且起到隔热保温作用；下隔热盖 311 具有隔热保温作用，防止热量在超重力作用下向下传导，下腔体下固定盖 315 用来将高温炉 3 固定在吊装密封舱 1 的底部。下腔体外壳 312 和下腔体中壳 313 之间以及下腔体中壳 313 和下腔体隔热层 314 之间均有间隙作为空气隔热层，空气隔热层起到隔热保温的作用防止炉内热量散失；中炉体的中腔体下固定盖 310 和下炉体的下隔热盖 311 之间通过螺栓固定连接，中腔体下固定盖 310 和下隔热盖 311 连接用来连接中炉体和下炉体；

整个炉体通过上隔热盖 31、上腔体下固定盖 35、中隔热盖 36、中腔体下固定盖 310、下隔热盖 311 和下腔体下固定盖 315 四个地方对炉体进行加强，提高整个炉体在超重力环境下的刚度和强度，防止炉体运行过程中变形和破坏。上腔体下固定盖 35 和中隔热盖 36、中腔体下固定盖 310 和下隔热盖 311 之间通过高强螺栓联接，方便安装及维护。

炉体承载体 319 置于下炉体的下腔体隔热层 314 底部，高强度炉管 317 置于炉体承载体 319 上，炉体承载体 319 置于超重力试验舱底面上，炉体承载体 319 用来支撑整个炉体重量，以及超重力作用下产生的压应力，同时隔热，防止热量在超重力下通过热传导到吊装密封舱 1 的底部。高强度炉管 317 外分别和上炉体的上腔体隔热层 34、中炉体的中腔体隔热层 39、下炉体的下腔体隔热层 314 之间填充有隔热保温层 316；高强度炉管 317 内部加工有螺旋状凹槽 318-1，如图 7 所示，螺旋状凹槽 318-1 装有螺旋状的发热体 318，如图 8 所示，螺旋状

凹槽 318-1 在朝向高强度炉管 317 内壁的一侧开设有散热通道 318-2，通过散热通道 318-2 将发热体 318 产生的热量均匀辐射到高强度炉管 317 中央。

工作过程中发热体 318 产生热量，通过辐射加热高强度炉管 317，在炉管 317 中央形成高温区，通过改变不同高度位置的螺旋状凹槽 318-1 螺距进而改变不同高度位置的发热体 318 在炉管 317 间距，调整不同高度位置的加热温度，从而可以实现形成均匀的温度区或非均匀的温度梯度区。

本发明的高强度炉管 317 和发热体 318 的结构设计，这样能发热体 318 防止发热体在超重力环境下脱落，并且还能通过调整螺旋状凹槽不同位置处的螺距调整加热效果。

具体实施中，炉壳 32、33、36、37、312、313 采用航空航天轻质高强材料，设置 2 层隔热屏和一层保温层，利用真空环境防止热辐射，并有效防止高温传导。

隔热保温层 316 为由低热导率材料组成，采用莫来石，防止热量通过传导传递到炉外。

高强度炉管 317 采用高强度、低导热系数的陶瓷制作。

高强度炉管 317 加工的螺旋状凹槽螺距：发热体 318 在超重力条件下容易拉升变形，甚至断裂。需考虑发热体 318 布局设计外还得考虑发热体 318 所带来的一系列变化影响，如防止在超重力条件下发热体 318 变形移动(严重时断裂)，从而影响设备的整体运行。

发热体 318 的选型：不同的发热体 318 允许使用的最高温度和对使用环境的要求不一样，需结合此装置的具体使用条件(最高工作温度、真空环境和超重力环境)确定发热体 318 类型。如铁铬铝电热合金丝和铂金丝等。

为防止超重力下高强度炉管 317 自重造成的变形，高温炉 3 炉体设计为三层分体式，每层单独加固保温层。

炉体承载体 319 支撑整个高强度炉管 317、保温层的重量，以及试样过程中产生的超重力，炉体承载体 319 是通过高强螺栓固定在吊装密封舱 1 底部。

高温炉 3 安装使用时，先将下腔体下固定盖 315 通过螺栓固定于吊装密封舱(1)底部，炉体承载体 319 安装于下腔体下固定盖 315 上，下腔体外壳 312、下腔体中壳 313、下腔体隔热层 314 通过螺栓与下腔体下固定盖 315 连接，下隔热盖 311 通过螺栓与中腔体下固定盖 310 连接，中腔体中壳 38、中腔体隔热层 39、中腔体下固定盖 310 通过螺栓与中腔体下固定盖 310 连接，再通过螺栓与上腔体下固定盖 35、中隔热盖 36 连接。

将莫来石的隔热保温层 316 直接放置在陶瓷的高强度炉管 317 和下腔体隔

热层 314、中腔体隔热层 39、上腔体隔热层 34 之间。莫来石的隔热保温层 316 既可以起到缓冲作用又可以隔绝热量。

高温炉 3 可重复使用,仅需要通过更换合适的发热体 318 和高强度炉管 317 以满足不同的实验要求,具有结构简单且安全系数较高的优点。

力学测试装置 4 主要功能是提供试样测试所需的力学环境和固定试样。

如图 9 所示,力学测试装置 4 包括高温拉杆 4-1、夹头 4-2、试样 6、锁紧螺母 4-4 和面力加载块 4-5;高温拉杆 4-1 上端通过螺孔 4-6 和螺栓固定在承力架 2 顶部,高温拉杆 4-1 下端和夹头 4-2 上端固定,夹头 4-2 下端装夹住试样 6 的上端,试样 6 下端经锁紧螺母 4-4 和面力加载块 4-5 固定连接,试样 6 通过夹头 4-2 与高温拉杆 4-1 相连,通过锁紧螺母 4-4 与面力加载块 4-5 相连;高温拉杆 4-1 的下部和试样 6 置于高温炉 3 的高强度炉管 317 内,面力加载块 4-5 穿过高温炉 3 的高强度炉管 317 伸入到缓冲装置 5 的上支撑体中。

高温拉杆 4-1 和夹头 4-2 采用高温合金材料,且可提供不同螺纹尺寸,以满足不同的试样需求,可实现 $\varnothing 5\sim\varnothing 18$ 之间随便更换。夹头 4-2 材料选用高温合金。

具体实施中,缓冲装置 5 采用申请日为 2019.4.10,申请号为 2019102853393、发明名称为《一种超重力环境下捕获高温飞断样品的缓冲装置》的中国专利中发明内容处的技术方案。缓冲装置 5 置于高温炉 3 的炉体承载体 319 内部或者代替炉体承载体 319,上支撑体 3 端口朝上/朝向力学测试装置 4,用以对从力学测试装置 4 断裂而下来的试样进行承接,放置试样对吊装密封舱 1 底部造成损坏。

具体实施的试样常见的可以为标准的持久、拉伸、蠕变和疲劳试样。

本发明装置使用和运行过程:

以蠕变试样作为实验对象,实验场景为例进行说明。

实验前,根据实验温度、体积力和面力确定高温炉 3 的加热温度、离心主机转速和面力加载块 47 的质量。下面详细说明该发明的使用和运行过程:

第一步:根据实验条件,确定高温炉 3 的加热温度、离心主机转速和面力加载块 47 的质量。

第二步:根据试样 6 尺寸,确定夹头 43 和紧锁螺母的尺寸。

第三步:将试样 6 首先通过夹头 43 与拉杆 41 相连,然后通过紧锁螺母与面力加载块 47 相连。

第四步:在试样 6 上依次焊接三个应变片,用于测试实验过程中试样 6 的应变;焊接一个热电偶,用于测控高温炉 3 的温度。

第五步:将力学测试装置 4 通过螺母安装在承力架 2 上。

第七步：将吊装密封舱 1 通过舱体吊耳 11-3 与超重力离心机的转臂铰接相联。

第八步：在焊接在试样 6 上的三个应变片和一个热电偶延长导线沿拉杆 41 与舱体接口 1-1 相连，再通过主机轴上的电滑环连接与地面测试系统连接。

第九步：启动真空系统，使吊装密封舱 1 内的真空度达到 10^{-2}Pa 。

第十步：当吊装密封舱 1 内的真空度达到 10^{-2}Pa 后，启动高温炉 3 的加热。

第十一步：当高温炉 3 的温度达到实验设定温度后，启动离心主机。

第十二步：当离心主机转速达到实验设定的转速后，就在高温炉 3 内形成一个体积力-面力-温度耦合作用的力学性能测试环境。

第十三步：实验过程中，温度和应变信号实时传给信号采集器，信号采集器将获得模拟信号转变为数字信号，再通过布线架与信号滑环连接，最后与地面测控中心连接，从而获得实验过程中试样 6 的应力应变曲线。

本发明装置的力学性能测试工作过程如下：

第一步：用夹头 43 将试样 6 连接到拉杆 41 下端，将热电偶 44 和应变片焊接在试样 6 上；

第二步：然后将超重力实验舱置于离心机的吊篮中，在超重力实验舱内放置高温炉，高温炉内腔底部放置缓冲装置 5，在高温炉 3 内腔顶部放置承力架 2，在高温炉内腔的承力架和缓冲装置之间放置所述力学测试装置 4，安装上需要加热的试样 6；

第三步：将焊接在试样 6 表面测温的热电偶的导线和信号采集器连接，信号采集器将接收温度和应变的模拟信号，并将模拟信号转变为数字信号；

第四步：地面三个强电独立回路分别连接到高温炉 3 的高强度炉管 317 的上、中、下加热区，使得高温炉 3 的高强度炉管 317 的上、中、下三个加热区分别独立加热，在不同的加热区设置不同的加热温度；

温度控制具体如下：高温炉 3 的高强度炉管 317 内安装待力学性能测试的试样，并设置有温度传感器，温度传感器连接信号采集器，信号采集器输出的导线通过布线架与弱信号导电滑环连接，再与地面测控中心连接；高温炉 3 设置有三路强电独立回路，三路强电独立回路控制加热内部不同高度位置的发热体 318 进行高温加热，将地面三个强电独立回路通过离心离心机主轴导电滑环接入超重力实验舱的布线架；离心离心机主轴导电滑环和供电柜连接。即通过布线架，将第一个强电独立回路和高温炉 3 上加热区连接，将第二个强电独立回路和高温炉中加热区连接，将第三个强电独立回路和高温炉下加热区连接。

具体实施中，将控制高温炉 3 的三个独立控温温度延长导线接入信号采集

器，信号采集器将接受的温度信号，从模拟信号转变为数字信号；数字信号通过布线架与信号滑环连接，再与地面测控中心连接。

高强度炉管 317 作为炉管，加热利用加热丝产生热量，通过热传导加热高强度炉管 317。高强度炉管 317 所需温度梯度及均温区由加热丝布局实现，在炉膛中形成均匀的温度场，同时承受超重力过程加高强度炉管 317 所产生的压力以及避免热传导对外围部件的热影响。炉温由固定或焊接在待测是试样上的温度传感器通过控温仪和测控系统控制。

第五步：离心机转轴上安装转速计，将安装在离心机转轴上的转速计信号线与弱信号导离心机主轴导离心机主轴导电滑环连接，利用加热装置上三个热电偶控制高温炉的实时温度和加热速率，利用转速计控制离心机转速，利用以下公式计算施加在试样 6 上的应力 F：

$$F=m \cdot a=m \cdot R(2\pi N/60)^2$$

其中，m 为试样 6 的质量；a 为离心加速度，R 为试样 6 到离心机转轴轴线的有效距离；N 为离心机的转速。

本发明在试样测试过程中，试样受力状态为：同时受到温度，自重产生的离心应力和面力加载块产生的面力，进而实时绘制获得试样在受力状态下的应力-应变曲线。

本发明能通过热电偶能独立控制高温炉 3 的三个不同区域的温度，实现均温加热或梯度加热，进而能调节设置温度的分布。

通过力学测试装置 4 进行测试，具有以下工作方式：

(1)通过焊接在试样工作段的应变片，能实时获得试样在受力状态下的应力-应变曲线，进而能测试获得离心力-高温耦合作用下材料的动态应力-应变曲线，获得材料力学性能结果；

(2)实验过程中离心力可以通过控制转速动态变化，进而能施加在试样上的面力；

(3)通过改变面力加载块重量，改变施加在试样上的面力；

(4)通过热电偶能独立控制加热装置三区不同的温度，实现均温加热或梯度加热，进而能根据需要设置试样 6 的温度分布。

权利要求书

1、一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统，其特征在于：包括吊装密封舱（1）、承力架（2）、高温炉（3）、力学测试装置（4）、缓冲装置（5）；吊装密封舱（1）内部固定安装有承力架（2）和高温炉（3），承力架（2）罩在高温炉（3）外，缓冲装置（5）安装于高温炉（3）内的底部，力学测试装置（4）上下两端连接在承力架（2）顶部和高温炉（3）底部内，试样（6）连接安装在力学测试装置（4）末端；

所述的高温炉（3）固定于超重力试验舱中，所述的高温炉（3）包括从上到下依次布置连接的上炉体、中炉体、下炉体以及隔热保温层（316）、高强度炉管（317）、发热体（318）和炉体承载体（319）；上炉体主要由上隔热盖（31）、上腔体外壳（32）、上腔体中壳（33）、上腔体隔热层（34）、上腔体下固定盖（35）组成，上腔体外壳（32）、上腔体中壳（33）、上腔体隔热层（34）分别从外到内安装形成上炉三层结构，上隔热盖（31）和上腔体下固定盖（35）分别安装于上炉三层结构的上端和下端使得上炉三层结构固定连接，上腔体外壳（32）和上腔体中壳（33）之间以及上腔体中壳（33）和上腔体隔热层（34）之间均有间隙作为空气隔热层；中炉体主要由中隔热盖（36）、中腔体外壳（37）、中腔体中壳（38）、中腔体隔热层（39）、中腔体下固定盖（310）组成，中腔体外壳（37）、中腔体中壳（38）、中腔体隔热层（39）分别从外到内安装形成中炉三层结构，中隔热盖（36）和中腔体下固定盖（310）分别安装于中炉三层结构的上端和下端使得中炉三层结构固定连接，中腔体外壳（37）和中腔体中壳（38）之间以及中腔体中壳（38）和中腔体隔热层（39）之间均有间隙作为空气隔热层；上炉体的上腔体下固定盖（35）和中炉体的中隔热盖（36）之间固定连接；下炉体主要由下隔热盖（311）、下腔体外壳（312）、下腔体中壳（313）、下腔体隔热层（314）、下腔体下固定盖（315）组成，下腔体外壳（312）、下腔体中壳（313）、下腔体隔热层（314）分别从外到内安装形成下炉三层结构，下隔热盖（311）和下腔体下固定盖（315）分别安装于下炉三层结构的上端和下端使得下炉三层结构固定连接，下腔体外壳（312）和下腔体中壳（313）之间以及下腔体中壳（313）和下腔体隔热层（314）之间均有间隙作为空气隔热层；中炉体的中腔体下固定盖（310）和下炉体的下隔热盖（311）之间固定连接；炉体承载体（319）置于下炉体的下腔体隔热层（314）底部，高强度炉管（317）置于炉体承载体（319）上，高强度炉管（317）外分别和上炉体的上腔体隔热层（34）、中炉体的中腔体隔热层（39）、下炉体的下腔体

隔热层(314)之间填充有隔热保温层(316)；高强度炉管(317)内部加工有螺旋状凹槽(318-1)，螺旋状凹槽(318-1)装有螺旋状的发热体(318)，螺旋状凹槽(318-1)在朝向高强度炉管(317)内壁的一侧开设有散热通道(318-2)，通过散热通道(318-2)将发热体(318)产生的热量均匀辐射到高强度炉管(317)中央；

所述的力学测试装置(4)包括高温拉杆(4-1)、夹头(4-2)、试样(6)、锁紧螺母(4-4)和面力加载块(4-5)；高温拉杆(4-1)上端通过螺孔(4-6)和螺栓固定在承力架(2)顶部，高温拉杆(4-1)下端和夹头(4-2)上端固定，夹头(4-2)下端装夹住试样(6)的上端，试样(6)下端经锁紧螺母(4-4)和面力加载块(4-5)固定连接；高温拉杆(4-1)的下部和试样(6)置于高温炉(3)的高强度炉管(317)内，面力加载块(4-5)穿过高温炉(3)的高强度炉管(317)伸入到缓冲装置(5)中。

2、根据权利要求1所述的一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统，其特征在于：所述的吊装密封舱(1)包括上密封穹顶(11)和吊装密封腔体(12)，吊装密封腔体(12)内部设有腔体，腔体上端开口，吊装密封腔体(12)的两侧侧壁向外连接有舱体吊耳13，两侧的舱体吊耳铰接连接到超重力离心机的吊篮转臂上，上密封穹顶(11)通过螺栓安装连接到吊装密封腔体(12)的腔体开口端面并密封连接；所述的上密封穹顶(11)上设有主机接口(11-1)，主机接口(11-1)用于连接真空系统的抽气接口、监测炉内压力的压力表接口、控制炉内压力的安全阀接口、加热系统的加热电极接口法兰、测温系统、变形测量的真空连接电缆插口。

3、根据权利要求1所述的一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统，其特征在于：所述的承力架(2)包括拉杆固定穹顶(2-1)、固定环(2-2)和立柱(2-3)，两个固定环(2-2)分别上下平行相对布置，两个固定环(2-2)之间通过多根立柱(2-3)固定连接形成柱形壳体，上部的固定环(2-2)上固定安装有拉杆固定穹顶(2-1)，拉杆固定穹顶(2-1)为圆弧凸台结构，下部的固定环(2-2)通过螺栓固定于吊装密封腔体(12)腔体的内底面，拉杆固定穹顶(2-1)和立柱(2-3)由两个固定环(2-2)固定，防止受力变形，拉杆固定穹顶(2-1)采用圆弧设计；力学测试装置(4)顶端安装于拉杆固定穹顶(2-1)上，下端穿过高温炉(3)后连接到试样(6)上。

4、根据权利要求1所述的一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统，其特征在于：工作过程中发热体(318)产生热量，通过辐射加热高强度炉管(317)，在高强度炉管(317)中央形成高温区，通过改变不同高度

位置的螺旋状凹槽(318-1)螺距进而改变不同高度位置的发热体(318)在高强度炉管(317)间距,调整不同高度位置的加热温度,从而可以实现形成均匀的温度区或非均匀的温度梯度区。

5、根据权利要求1所述的一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统,其特征在于:高温炉(3)安装使用时,先将下腔体下固定盖(315)通过螺栓固定于吊装密封舱(1)底部,炉体承载体(319)安装于下腔体下固定盖(315)上,下腔体外壳(312)、下腔体中壳(313)、下腔体隔热层(314)通过螺栓与下腔体下固定盖(315)连接,下隔热盖(311)通过螺栓与中腔体下固定盖(310)连接,中腔体中壳(38)、中腔体隔热层(39)、中腔体下固定盖(310)通过螺栓与中腔体下固定盖(310)连接,再通过螺栓与上腔体下固定盖(35)、中隔热盖(36)连接。

6、根据权利要求1所述的一种超重力环境悬挂式多场耦合作用下材料性能测试系统,其特征在于:将莫来石的隔热保温层(316)直接放置在陶瓷的高强度炉管(317)和下腔体隔热层(314)、中腔体隔热层(39)、上腔体隔热层(34)之间,既可以起到缓冲作用又可以隔绝热量。

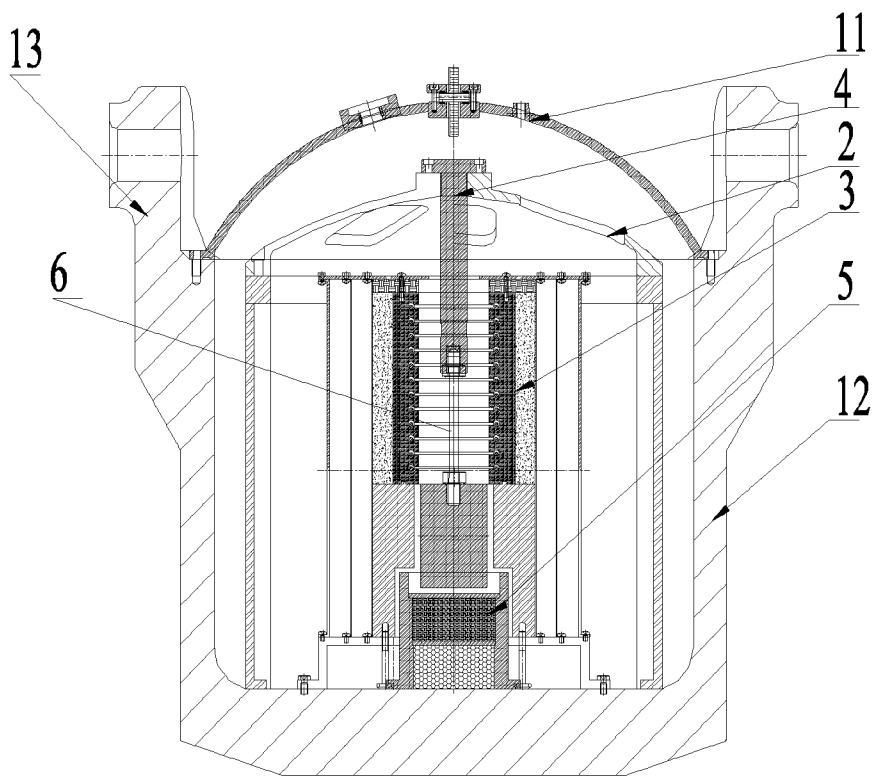


图 1

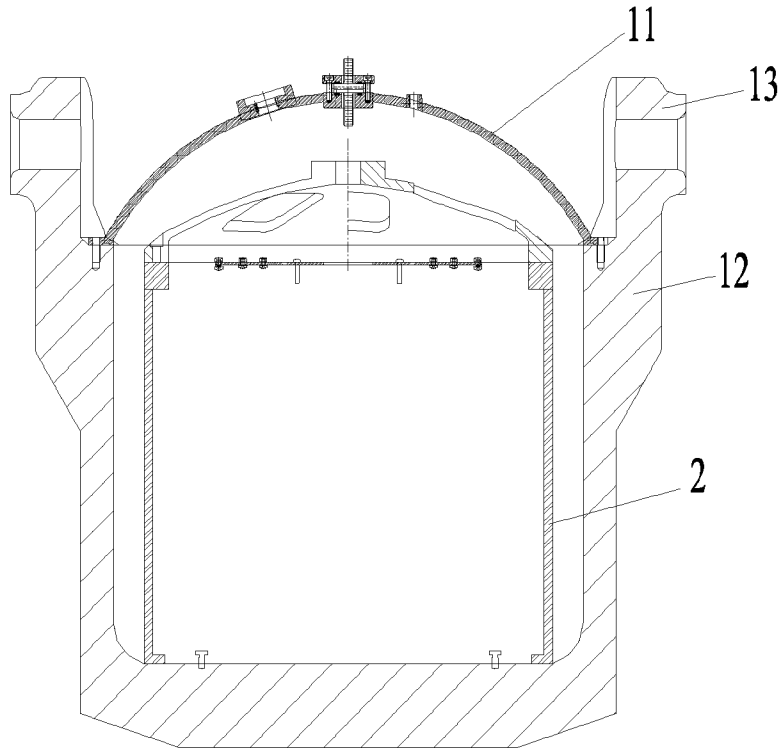


图 2

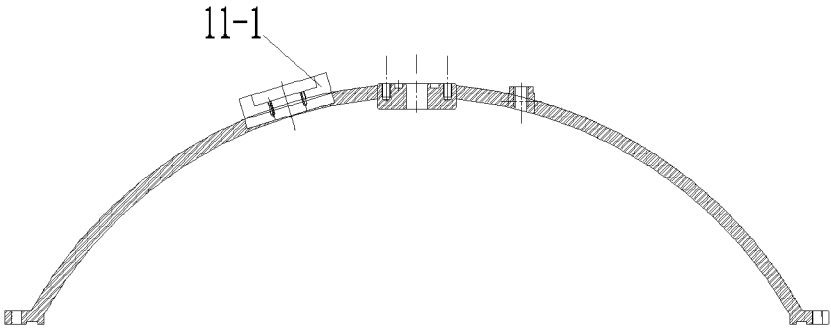


图 3

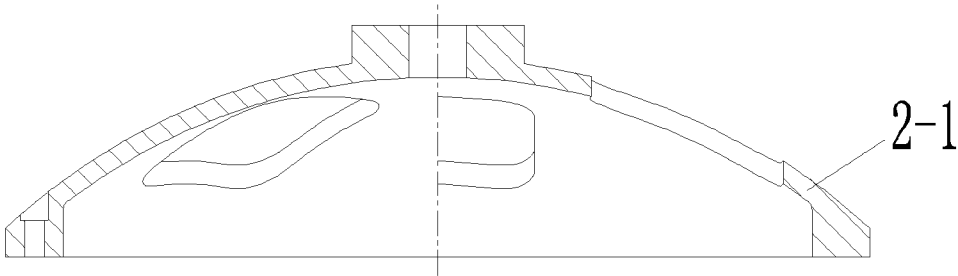


图 4

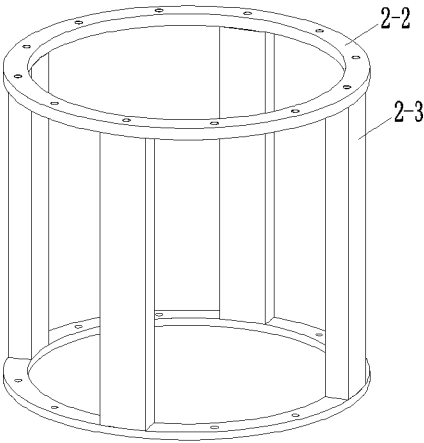


图 5

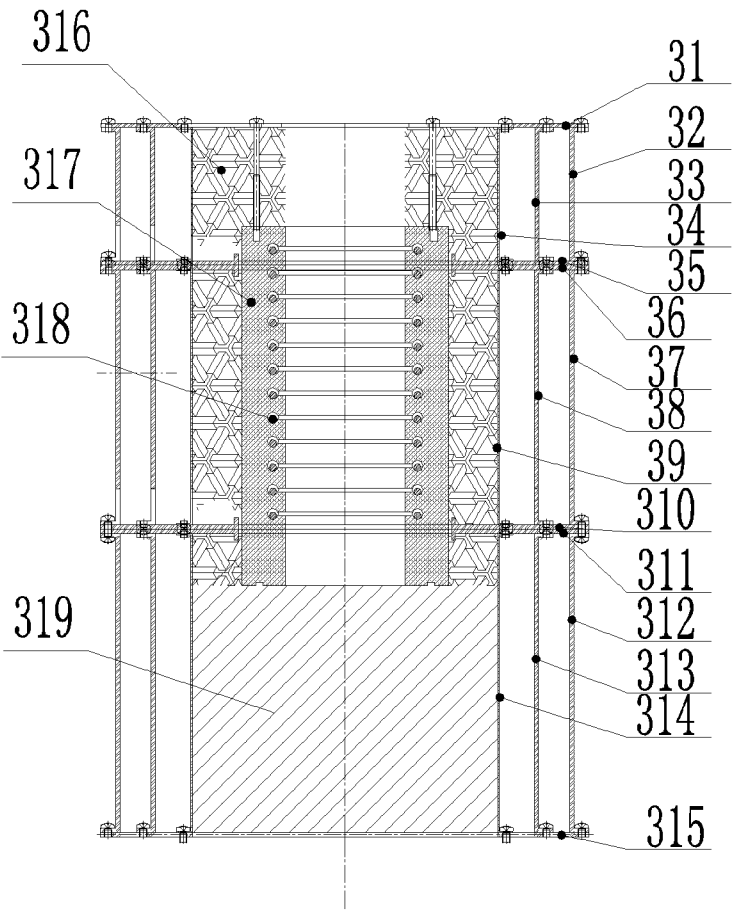


图 6

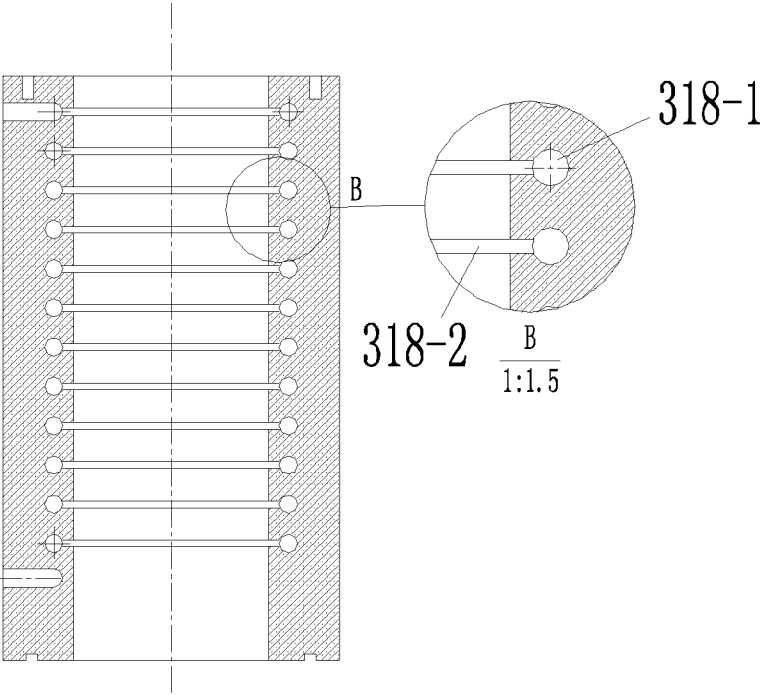


图 7



图 8

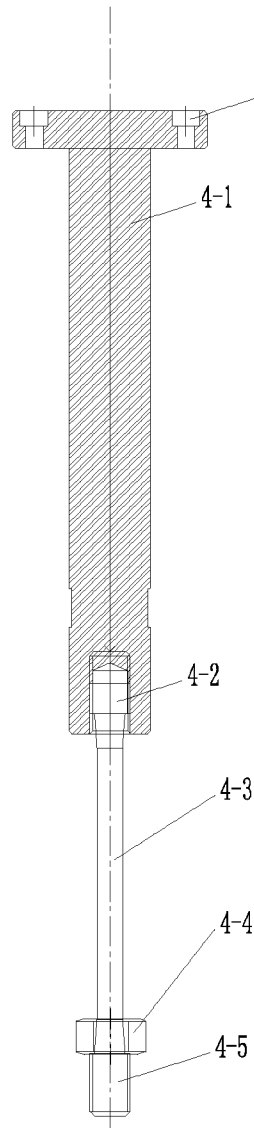


图 9

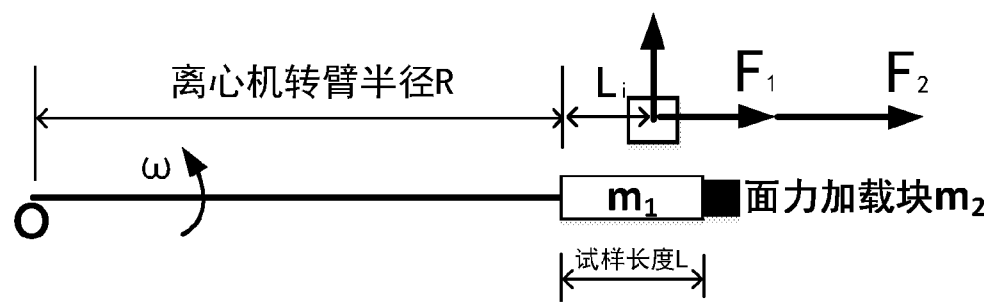


图 10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/110031

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 3/00(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N3

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, CNKI, EPODOC, WPI: 超重力, 材料性能, 高温炉, 密封舱, 力学测试, 测力, 吊装, 炉体, 隔热, 腔, mechanical, furnace, seal, material, performance, test+, insulat+, stress

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 110261216 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 20 September 2019 (2019-09-20) Claims 1-6	1-6
A	CN 104897476 A (CHANGCHUN RESEARCH INSTITUTE FOR MECHANISM SCIENCE CO., LTD.) 09 September 2015 (2015-09-09) description, paragraphs [0044]-[0063], and figure 3	1-6
A	CN 101571476 A (NORTHWESTERN POLYTECHNICAL UNIVERSITY) 04 November 2009 (2009-11-04) entire document	1-6
A	CN 103065523 A (TSINGHUA UNIVERSITY) 24 April 2013 (2013-04-24) entire document	1-6
A	CN 108226154 A (LUOYANG SIGMA FURNACE INDUSTRY CO., LTD.) 29 June 2018 (2018-06-29) entire document	1-6
A	CN 207742016 U (THE INSTITUTE OF METAL RESEARCH, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 17 August 2018 (2018-08-17) entire document	1-6



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

21 February 2020

Date of mailing of the international search report

19 March 2020

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (ISA/
CN)
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing
100088
China

Facsimile No. (86-10)62019451

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/110031**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 106896131 A (CHINA SPECIAL EQUIPMENT INSPECTION AND RESEARCH INSTITUTE) 27 June 2017 (2017-06-27) entire document	1-6
A	JP 6215435 A (NIPPON NUCLEAR FUEL DEV.) 23 January 1987 (1987-01-23) entire document	1-6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2019/110031

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	110261216	A	20 September 2019	None			
CN	104897476	A	09 September 2015	CN	104897476	B	02 March 2018
CN	101571476	A	04 November 2009	CN	101571476	B	17 August 2011
CN	103065523	A	24 April 2013	CN	103065523	B	31 December 2014
CN	108226154	A	29 June 2018	None			
CN	207742016	U	17 August 2018	None			
CN	106896131	A	27 June 2017	None			
JP	6215435	A	23 January 1987	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/110031

A. 主题的分类 G01N 3/00 (2006.01) i 按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类		
B. 检索领域 检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号) G01N3 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用)) CNPAT, CNKI, EPDOC, WPI: 超重力, 材料性能, 高温炉, 密封舱, 力学测试, 测力, 吊装, 炉体, 隔热, 腔, mechanical, furnace, seal, material, performance, test+, insulat+, stress		
C. 相关文件		
类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
PX	CN 110261216 A (浙江大学) 2019年 9月 20日 (2019 - 09 - 20) 权利要求1-6	1-6
A	CN 104897476 A (合肥通用机械研究院 等) 2015年 9月 9日 (2015 - 09 - 09) 说明书第 [0044] - [0063] 段, 附图3	1-6
A	CN 101571476 A (西北工业大学) 2009年 11月 4日 (2009 - 11 - 04) 全文	1-6
A	CN 103065523 A (清华大学) 2013年 4月 24日 (2013 - 04 - 24) 全文	1-6
A	CN 108226154 A (洛阳西格马炉业股份有限公司) 2018年 6月 29日 (2018 - 06 - 29) 全文	1-6
A	CN 207742016 U (中国科学院金属研究所) 2018年 8月 17日 (2018 - 08 - 17) 全文	1-6
A	CN 106896131 A (中国特种设备检测研究院) 2017年 6月 27日 (2017 - 06 - 27) 全文	1-6
A	JP 6215435 A (NIPPON NUCLEAR FUEL DEV.) 1987年 1月 23日 (1987 - 01 - 23) 全文	1-6
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件 “T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件 “X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性 “Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2020年 2月 21日		国际检索报告邮寄日期 2020年 3月 19日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中国国家知识产权局 (ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		受权官员 孙世新 电话号码 86-(10)-53962612

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2019/110031

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	110261216	A	2019年 9月 20日	无	
CN	104897476	A	2015年 9月 9日	CN 104897476	B 2018年 3月 2日
CN	101571476	A	2009年 11月 4日	CN 101571476	B 2011年 8月 17日
CN	103065523	A	2013年 4月 24日	CN 103065523	B 2014年 12月 31日
CN	108226154	A	2018年 6月 29日	无	
CN	207742016	U	2018年 8月 17日	无	
CN	106896131	A	2017年 6月 27日	无	
JP	6215435	A	1987年 1月 23日	无	